

# Ecuaciones diferenciales con aula invertida y covid

## Differential equations with Flipped learning under covid

Leonardo Fernández-Jambrina<sup>1</sup>

leonardo.fernandez@upm.es

<sup>1</sup>Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a las Ingenierías Civil y Naval  
Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

**Resumen-** Con esta comunicación se quiere compartir una experiencia de aula invertida y evaluación continua en una asignatura de matemáticas de segundo curso de ingeniería, que llevaba impartiéndose varios cursos, y tuvo que ser modificada para adaptarse a una situación de pandemia, distanciamiento social y presencialidad limitada. La diferencia fundamental es que en la experiencia anterior la clase presencial en el aula se basaba en trabajo individual o en grupo sobre problemas y ejercicios de la asignatura, bajo la supervisión y participación del profesor, algo inviable en un entorno de pandemia. A pesar de las limitaciones del entorno, los resultados son muy positivos, tanto en tasas de éxito y de rendimiento, como en valoración por el alumnado.

**Palabras clave:** *Aula invertida, matemáticas, covid*

**Abstract-** This communication deals with a modification of an ongoing experience of Flipped classroom in a course on mathematics for engineers in the third semester. This course had been delivered under a different format in previous semesters, but it had to be modified to adapt to a context of pandemic, social distance and limited presence in classroom. The main difference is that in the previous experience lectures were substituted for individual or group work in classroom on mathematics problems and exercises under supervision of the teacher. This was no longer possible in a context of pandemic. Despite these limitations, the results of the experience can be considered very positive, concerning both the evaluation of the students and the rates of success of the course, as well as evaluation by the students.

**Keywords:** *Flipped learning, mathematics, covid*

### 1. INTRODUCCIÓN

En la metodología docente de aula invertida (Flipped classroom o Flipped learning en inglés) (Baker 2000, Lage et al 2000, Sams & Bergmann 2014) se permuta el lugar en el que normalmente se desarrollan, con otras metodologías docentes, las actividades formativas que realiza el estudiante. Puede aplicarse a una asignatura completa, pero también es usual aplicarla solamente a parte de una asignatura (Sein-Echaluce et al 2015).

Con la metodología de clase magistral, tradicional o expositiva, la parte presencial del aprendizaje corresponde a la exposición del profesor, con normalmente limitada participación del estudiante, dando por supuesto que este

asimila sobre la marcha el contenido de la presentación del profesor o toma notas para su asimilación posterior.

A continuación, dentro de la parte no presencial del aprendizaje, el estudiante realiza una serie de actividades, que pueden ser evaluables o no, que facilitan la consolidación del aprendizaje.

Con la metodología docente de aula invertida se intercambia el carácter presencial o no presencial de estas actividades.

Es decir, previamente a las actividades en el aula, el estudiante debe tomar contacto con el contenido de la materia, en forma de capítulos, presentaciones o, más recientemente, vídeos, que se suelen acompañar de algún de actividad que permita enlazar con la actividad presencial (Novillo et al 2015).

A continuación, durante las actividades presenciales, bajo la supervisión del profesorado, se consolida el aprendizaje y se comparten las dudas suscitadas por las actividades no presenciales (Strayer 2012).

Una de las ventajas fundamentales de la metodología docente de aula invertida es que el proceso de aprendizaje es más activo que pasivo para el estudiante, en cuanto a que el foco del mismo está en el alumnado más que en el profesorado.

A parte de esta, el aula invertida aporta otras ventajas (Fernández-Jambrina 2013), como son que el estudiante dispone de materiales fiables y adaptados para su aprendizaje, lo que reduce la transmisión de errores, motivar la participación del estudiante y facilitar la confianza en su relación con el profesorado (Bergman & Sachs 2012), permitir que el estudiante configure libremente su agenda de trabajo salvo en lo concerniente a la actividad en aula y a la evaluación (Fulton 2012), así como mejorar sus tasas de rendimiento y de éxito (Castilla et al 2015, Pino et al 2016).

Para invertir un curso o parte de él no es preciso recurrir a medios audiovisuales, ya que se pueden emplear otros materiales, si bien el soporte audiovisual proporciona un impacto mayor (Zhang et al 2006) y el uso de las TIC además facilita un entorno de trabajo más atractivo e interactivo para el estudiante (Mestre-Mestre 2015).

La aplicación de esta metodología a la docencia no es privativa de ninguna rama del conocimiento, ni está relacionada con el tamaño de los grupos, ni con la etapa educativa (Vicente Torres et al 2015) y se puede aplicar de diferentes formas (Sánchez-Canales et al 2019) e incluso a las prácticas (Alcalá Nalváiz et al 2019), o combinarse con otras metodologías como la gamificación (Castedo et al 2019).

Por todo ello, la metodología docente de aula invertida parece adecuada para un entorno de trabajo semipresencial, como el que nos ha tocado vivir durante la pandemia debida al COVID-19, pero también es claro que precisa algún tipo de adaptación, para lo cual queremos poner en común nuestra experiencia durante el curso 2020-2021, comparando con la experiencia previa con la misma metodología docente.

## 2. CONTEXTO

La asignatura objeto de esta experiencia docente es Cálculo III, del Módulo Básico de los grados en Arquitectura Naval e Ingeniería Marítima de la Universidad Politécnica de Madrid y sus contenidos son ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

Tiene asignados 6 ECTS, lo que corresponde a 60 horas de clase presencial, durante quince semanas. Es, junto a Principios de Economía y Gestión de Empresas, la única asignatura del Módulo Básico que se imparte en segundo curso. Comparte el tercer semestre además con tres asignaturas científico-tecnológicas, Mecánica, Termodinámica y Electrotecnia. Hay otras tres asignaturas de la materia de Matemáticas en primer curso, Álgebra Lineal y Geometría, Cálculo I y Cálculo II.

La asignatura se implantó en el curso 2011-2012 con el segundo curso de los grados y desde el curso 2016-2017 se imparte con metodología docente de aula invertida (Fernández-Jambrina 2017), como evolución de una experiencia anterior basada solo en evaluación continua (Cantón & Fernández-Jambrina 2009). Sus contenidos públicos pueden consultarse en (Fernández-Jambrina 2015).

**Tabla 1**

*Porcentajes de estudiantes que superan la asignatura en relación al número de matrículas precisadas.*

Matrícula	Total	Porcentaje
Primera	489	70%
Segunda	156	22%
Tercera	40	5%
Cuarta	16	2%
Quinta	8	1%
Sexta	2	0%
Novena	1	0%

En el contexto de unos estudios de ingeniería, Cálculo III es una asignatura asequible, como muestra el histórico de estudiantes de la Tabla 1, donde se pone de manifiesto que más del 90% de los estudiantes aprobados lo consiguen en su primer o segundo año de matrícula. Esta información y el resto

de las que aparecen en el artículo se mantiene actualizada en <https://dcain.etsin.upm.es/~leonardo/calculoiiest.htm>

Sin embargo, estas cifras precisan una aclaración, ya que la tasa de rendimiento está muy concentrada en torno a los estudiantes que han superado previamente las asignaturas restantes de la materia de matemáticas, como se observa en la Tabla 2, donde se desglosa dicha tasa según el número de asignaturas previas de matemáticas aprobadas. Ahí queda de manifiesto que los estudiantes que llegan a segundo curso con las asignaturas de matemáticas de primer curso aprobadas tienen una tasa de rendimiento (cociente entre número de estudiantes aprobados y número de estudiantes matriculados en la asignatura) significativamente superior al resto, pese a lo cual no se han impuesto requisitos previos para cursar esta asignatura.

**Tabla 2**

*Tasas de rendimiento en relación con el número de asignaturas aprobadas de matemáticas de primer curso.*

Curso	3	2	1	0
2011-2	91%	50%	0%	0%
2012-3	76%	53%	50%	0%
2013-4	71%	41%	36%	0%
2014-5	73%	30%	0%	0%
2015-6	60%	30%	32%	9%
2016-7	69%	37%	32%	0%
2017-8	76%	29%	19%	0%
2018-9	61%	42%	13%	0%
2019-0	52%	38%	21%	0%
2020-1	70%	43%	20%	10%

## 3. DESCRIPCIÓN

### *A. Aula invertida en la modalidad previa a la pandemia*

Como se ha mencionado (Fernández-Jambrina 2017), durante los cursos desde el 2016-2017, la asignatura de Cálculo III fue impartida en la modalidad metodológica de aula invertida.

La parte no presencial de la asignatura se basa en los materiales docentes que se pueden encontrar en (Fernández-Jambrina 2016). Con una semana de antelación se anuncian los contenidos que se van a trabajar en el aula, recomendando a los estudiantes la visualización de unas presentaciones en vídeo (píldoras educativas), que desarrollan algún concepto nuevo o presentan algún ejemplo de su aplicación, en forma lo más autocontenido posible. Los mismos contenidos son accesibles en capítulos de libro para los estudiantes que prefieran este formato.

Para enlazar la parte no presencial de la asignatura con la presencial, en la plataforma Moodle de la universidad los vídeos se organizan en el formato de Lección (Leris et al 2013), de modo que entre píldora y píldora educativa se propone una pregunta relacionada. Estas preguntas pueden tener una o varias respuestas correctas y el estudiante solo puede avanzar hacia el siguiente vídeo si contesta

correctamente, para lo cual dispone de un número ilimitado de intentos, dado que el objeto de la Lección es formativo, no evaluativo.

La clase presencial comienza con una puesta en común de las dudas suscitadas por los materiales docentes propuestos. Tras lo cual, se proponen unos problemas, normalmente incluidos en las colecciones que tienen a su disposición, para que los estudiantes los trabajen en el aula individualmente o en grupo. El profesor de la asignatura se desplaza entre las mesas, supervisando el trabajo de los estudiantes, de modo que puedan plantear las dudas que les surgen durante la clase.

Las sesiones presenciales corresponden a dos horas lectivas consecutivas, cien minutos descontando los descansos, y terminan con la resolución en la pizarra de los problemas propuestos por el profesor. La asistencia a clase se registra a título informativo, si bien no se tiene en cuenta para la evaluación.

La evaluación continua consta de seis pruebas cortas, de una duración entre media hora y una hora, con una periodicidad aproximadamente quincenal, de modo que no interfiera en lo posible en el desarrollo de otras asignaturas con otro tipo de metodología docente. Las sesiones presenciales en aula en los días de evaluación se completan con la resolución en la pizarra de los ejercicios propuestos en la prueba de evaluación.

#### *B. Problemas del aula invertida durante la pandemia*

Este era el planteamiento docente seguido entre los cursos 2016-2017 y 2019-2020. Sin embargo, a pesar de los buenos resultados, durante el primer semestre del curso 2020-2021 esta experiencia docente no podía mantenerse, debido a los condicionantes derivados de las medidas sanitarias preventivas de distancia social, motivadas por la pandemia de COVID-19.

Durante dicho semestre, la Universidad Politécnica de Madrid y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales optaron por priorizar la docencia presencial en los dos primeros cursos de los grados, con la ayuda de aulas *espejo*, donde se proyectaban por Zoom las clases que se desarrollaban en el aula *maestra*, en la cual el profesor impartía clase. De este modo se lograba mantener la distancia recomendada entre estudiantes, a costa de que algunos no pudieran seguir las clases en persona. Como tercera modalidad además, las clases se difundían por Zoom para que los estudiantes afectados por la pandemia pudieran seguirlas desde sus hogares, aunque a la larga las claves eran empleadas por otros estudiantes no afectados, que preferían seguir las clases desde sus domicilios. La evaluación se mantuvo presencial en este semestre, por lo cual no se vio afectada en lo fundamental por las normas de distancia social.

Obviamente, la parte no presencial de la experiencia era perfectamente viable con estas normas. De hecho, se reforzó la parte asincrónica, aumentando la oferta de píldoras educativas, en especial de casos prácticos y ejercicios resueltos, para facilitar el aprendizaje de los estudiantes que no pudieran, o no desearan, asistir a las clases presenciales.

Sin embargo, las clases presenciales sí que se veían afectadas por las medidas de distancia social para la contención de la pandemia. En particular, a pesar del uso de mascarillas y equipos de protección individual, no resultaba viable, ni recomendable, el trabajo en grupo en el aula, ni la

interacción del profesor con los estudiantes durante las clases prácticas.

#### *C. Modificación de la experiencia por las medidas de distancia social*

A pesar de las dificultades prácticas que conllevaba, se optó durante el curso 2020-2021 por mantener la metodología docente de aula invertida con su evaluación continua basada en pruebas bimestrales.

Como se ha comentado, la parte no presencial se reforzó con un aumento notable de las píldoras educativas y fomentando el uso de los foros de discusión en Moodle.

A diferencia de los cursos anteriores, se anunciaron previamente a las clases presenciales los ejercicios que se iban a trabajar en el aula. Para quienes además optaran voluntariamente por un seguimiento completamente asincrónico de la asignatura, los estudiantes podían consultar la resolución de dichos ejercicios en formato vídeo o PDF. Todo ello en línea con la filosofía de la asignatura, en la que no se impone al estudiante una única posibilidad de aprendizaje, sino que se le permite responsabilizarse de sus propias decisiones.

A efectos prácticos, este cambio de estrategia suponía en la práctica trasladar a la parte no presencial de la asignatura otra parte de lo que correspondía tradicionalmente a la parte presencial: los estudiantes podían trabajar fuera del aula los ejercicios propuestos, individualmente o en grupo, pero sin la supervisión directa del profesor, que estaba accesible no obstante en los foros de discusión de Moodle y por correo electrónico.

De este modo, la clase presencial perdía la parte central y se desarrollaba en dos partes: la puesta en común de las dudas suscitadas, no solo por los materiales docentes de la asignatura, sino también de los intentos de los estudiantes para resolver los ejercicios propuestos con antelación.

La tercera parte de las sesiones presenciales se mantenía y se extendía, aumentando la lista de ejercicios propuestos, que eran resueltos en el aula por el profesor con la participación de los estudiantes presenciales y no presenciales, estos a través de la plataforma Zoom y de sus canales de conversación.

Como cambio adicional, la resolución de los ejercicios propuestos en el aula se completaba con una introducción autocontenido, reclamada por los estudiantes, de los fundamentos teóricos necesarios para resolver dichos ejercicios.

De este modo, las Lecciones de Moodle servían para enlazar la parte no presencial con la presencial de la asignatura y el repaso de los fundamentos enlazaba la parte presencial con la no presencial.

El formato y el número de las sesiones de evaluación se mantuvo, a pesar de la amenaza latente de un confinamiento más duro, aunque la mayoría de los estudiantes optaban por atender la parte de resolución de los problemas de la evaluación a través de Zoom o en modo asincrónico, ya que las soluciones propuestas se publicaban en formato de vídeo.

Otra de las señas de identidad de esta experiencia se mantuvo: la evaluación de las pruebas en un máximo de dos días (normalmente, uno tan solo), dado que se considera que el objeto de las pruebas es más formativo que evaluativo. Si bien se evitó la revisión de las pruebas en persona o devolver los

ejercicios corregidos, como se hacía habitualmente en los cursos precedentes.

#### 4. RESULTADOS

El resultado fundamental de la experiencia es que se pudo mantener la metodología docente de aula invertida y la evaluación continua en condiciones severas de confinamiento y distancia social.

¿Afectaron los cambios metodológicos a los resultados académicos? Sin alterar los contenidos de la asignatura, ni rebajar el nivel de exigencia, podemos observar en la Tabla 3, que la tasa de éxito (cociente entre el número de estudiantes aprobados y el número de estudiantes presentados), no solo remonta la tendencia descendente de los últimos cursos, sino se equipara con la de los primeros años de impartición. A lo sumo se relajaron levemente las normas para poder presentarse a un examen final o para liberar partes de la asignatura de cara a dicho examen.

**Tabla 3**

*Tasas de rendimiento y de éxito en la asignatura Cálculo III (ambos grados combinados).*

	<b>Presentados</b>	<b>Aprob./mat</b>	<b>Aprob./pres.</b>
<b>2011</b>	88%	73%	82%
<b>2012</b>	91%	66%	72%
<b>2013</b>	85%	58%	69%
<b>2014</b>	91%	51%	56%
<b>2015</b>	86%	45%	52%
<b>2016</b>	<b>81%</b>	<b>54%</b>	<b>67%</b>
<b>2017</b>	77%	53%	69%
<b>2018</b>	79%	45%	57%
<b>2019</b>	86%	42%	50%
<b>2020</b>	74%	53%	71%

Este fenómeno es patente también, solo que menos acusado, en la tasa de rendimiento, para la cual, a falta de la convocatoria extraordinaria de la asignatura, las cifras se acercan a las del comienzo de la experiencia docente (curso 2016-2017).

El motivo aparente por el que la tasa de rendimiento no mejora en igual medida que la tasa de éxito lo tenemos en la primera columna (el complementario de la tasa de absentismo), ya que observamos el porcentaje de alumnos presentados más bajo de la serie.

Que este dato se deba a los cambios metodológicos o a la pandemia no se puede comprobar por falta de información. Si bien, a medida que avanzaba el curso, la asistencia a clases presenciales o por Zoom comenzó a declinar, tal vez motivado por la posibilidad de seguir la asignatura prácticamente en su totalidad en modalidad asíncrona a través de los materiales facilitados en la plataforma Moodle, ya que una modalidad de absentismo reconocida por algunos estudiantes corresponde a quienes consideran que tienen a su disposición material

suficiente para seguir la asignatura por su cuenta, sin apoyo del profesorado.

En cuanto a la satisfacción de los estudiantes, la evaluación docente mejoró en media en un 14%, alcanzándose el máximo de la serie desde la implantación de la asignatura. Esto es consecuente con otros estudios realizados (Calduch-Losa et al 2017, Sousa Santos et al 2017) que muestran un grado alto de aceptación de la metodología, aunque no generalizado.

**Tabla 4**

*Tasas de rendimiento y de éxito de las asignaturas del tercer semestre del grado en Arquitectura Naval.*

<b>Asignatura</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Éxito</b>
Cálculo III	48.44	70.45
P. Economía	36.96	56.67
Electrotecnia	18.45	26.76
Mecánica	33.63	40.43
Termodinámica	17.86	31.91

Si comparamos con otras asignaturas del semestre (Tabla 4), observamos también que la asignatura obtiene los mejores resultados, tanto en tasa de rendimiento como de éxito.

**Tabla 5**

*Valoración de 0 a 5 de los materiales de apoyo al aprendizaje por parte de los alumnos que aprobaron la asignatura.*

	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Vídeos</b>	3.92	4.17	4.53
<b>Clases</b>	3.55	3.90	3.30
<b>Libros</b>	4.41	4.48	4.00
<b>Tutorías</b>	3.02	2.83	3.13
<b>Academias</b>	1.33	0.97	1.06

Dadas las peculiaridades de este curso, parece interesante contrastar el cambio de percepción de los estudiantes aprobados respecto a los medios que tenían a su disposición para el aprendizaje (Tabla 5), en una escala de cero a cinco. La valoración de los vídeos es la mejor de la serie, frente a los libros de la asignatura y las clases presenciales, lo que muestra una preferencia en este contexto por el soporte audiovisual y asíncrono, ya que las presentaciones que se empleaban en clase eran exactamente las mismas que se usaban en los vídeos. Estas valoraciones de los medios son similares en otras experiencias (Yoshida 2016).

Otra pregunta que se lanza a los estudiantes aprobados para contrastar su satisfacción con la metodología docente es si estarían dispuestos a cursar otra asignatura en la modalidad de aula invertida. La respuesta subió a un 94% este curso, frente al 83% del curso anterior y al 86% del curso previo.

También se ha considerado interesante consultar a los estudiantes aprobados qué partes de la asignatura modificarían (Tabla 6), a la vista de su experiencia. También en este apartado aparecen cambios importantes de tendencia, que

parecen reflejar una mejor aceptación del formato actual de la asignatura.

Mientras que en cursos previos los estudiantes no eran favorables a aumentar el número de vídeos, sino más bien a reducirlos, en este curso, con más vídeos prácticos, la tendencia se invierte y pasan a demandar aún más píldoras educativas, en línea con el uso asíncrono que han hecho de la asignatura.

La demanda previa de más contenidos teóricos en las clases presenciales parece satisfecha en cierta medida con la introducción de los resúmenes al comienzo de cada sesión presencial.

A pesar de que el número de pruebas de evaluación continua no se ha modificado desde el comienzo de la impartición de la asignatura, se observa una mayor aceptación de dicho número.

**Tabla 6**

*Sugerencias de modificaciones de la asignatura.*

	2018	2019	2020
<b>Más vídeos</b>	12%	3%	30%
<b>Menos vídeos</b>	51%	59%	38%
<b>Más clase teórica</b>	24%	24%	9%
<b>Más pruebas</b>	2%	3%	4%
<b>Menos pruebas</b>	27%	34%	21%

## 5. CONCLUSIONES

En un contexto de pandemia y distancia social hemos adaptado una experiencia madura de aula invertida para una asignatura de la materia de matemáticas de segundo curso en grados de ingeniería a los condicionantes sanitarios motivados por la pandemia de COVID-19.

Por las limitaciones impuestas por las medidas sanitarias de control de la pandemia, se ha reducido la parte interactiva de las actividades en el aula y se han aumentado los materiales audiovisuales a disposición de los estudiantes, manteniendo el formato previo de la evaluación continua. El trabajo del estudiante sobre problemas prácticos, individual o en grupo, que normalmente se desarrollaba en el aula bajo la supervisión del profesor, se ha trasladado también a la parte no presencial de la asignatura.

A pesar de los condicionantes, la modificación de la experiencia de aula invertida se puede considerar positiva en cuanto a mejora de las tasas de éxito y de rendimiento de la asignatura y a la satisfacción de los estudiantes.

Solo la tasa de absentismo ha empeorado respecto a anteriores cursos, lo que podría achacarse tanto al incremento del carácter asíncrono de la docencia como al contexto de pandemia. Si bien es algo habitual en este tipo de experiencias docentes (Pino et al 2016).

En relación con esto, en encuestas realizadas entre estudiantes de primer curso, no hay una posición clara a favor de la retransmisión en directo de las clases presenciales o de un formato asíncrono basado en clases reales grabadas o píldoras educativas, como las de esta asignatura.

Con estos cambios metodológicos se manifiesta un mayor alineamiento de las expectativas de los estudiantes con el formato de la asignatura, experimentando un menor rechazo a la cantidad de materiales audiovisuales ofertados para su aprendizaje e incluso al número de pruebas de evaluación continua. La diferencia fundamental durante este curso es que las nuevas píldoras educativas son completamente prácticas, al tratarse de ejercicios resueltos.

También se satisface con esta modificación el deseo manifestado por algunos estudiantes de que la parte teórica de la asignatura no se limite tan solo a la parte no presencial de la asignatura, lo cual parece estar relacionado con la tendencia a no hacer uso de las horas no presenciales (Acacio Rubio et al 2012). De hecho, algunas de las quejas suscitadas por la metodología docente en esta asignatura, que influían a la baja en la evaluación docente, están relacionadas con la ausencia de clase expositiva tradicional y a que las clases presenciales se consideran poco útiles si no se han realizado previamente las actividades recomendadas para la parte no presencial de la asignatura.

No obstante, y relacionado con la anterior, este formato también se presta a fomentar una actitud pasiva por parte de los estudiantes, al devolver por motivos sanitarios la parte de trabajo personal o en grupo al bloque de las actividades no presenciales.

Se corre el riesgo de que la experiencia devenga una clase expositiva tradicional, aunque con una evaluación continua extensa, si los estudiantes consideran que se puede cursar la asignatura solo con la parte presencial, dado que consta de parte teórica, aunque resumida, y parte práctica. Para evitarlo, es preciso mantener las actividades de enlace entre la parte presencial y la parte no presencial.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado parcialmente por la Protocomunidad SSERIES (Science for Sustainable Envision of Reality and Information for an Engaged Society) de la European Engineering Learning Innovation and Science Alliance (EELISA).

El autor quiere agradecer expresamente el apoyo de los grupos de innovación educativa en Física y Matemáticas (INNOVAFyM) y Mejora del Aprendizaje de las Matemáticas en las Ingenierías (MAMI).

## REFERENCIAS

Acacio Rubio, J.A. et al (2012). Monitorización y seguimiento del esfuerzo realizado por los estudiantes y de su asistencia a actividades presenciales. En XX Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas XX CUIET, Las Palmas de Gran Canaria.

Alcalá Nalváiz, J.T.. et al (2019). Flipped Learning en prácticas de matemáticas en Ingeniería Electrónica. Una experiencia piloto. V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2019, Madrid, pp. 567-572.

Baker, J.W. (2000). The 'Classroom Flip': Using Web Course Management Tools to Become the Guide by the Side.

Selected Papers from the 11th International Conference on College Teaching and Learning, Jacksonville, pp. 9-17.

Bergmann, J., Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. New York, International Society for Technology in Education.

Calduch-Losa, Á. et al (2017). Opiniones de los alumnos sobre actividades realizadas en una asignatura con docencia inversa. IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2017, Madrid, pp. 616-620.

Cantón, A., Fernández-Jambrina L. (2009). De la clase magistral a la evaluación continua. III Jornadas Internacionales U.P.M. sobre Innovación Educativa y Convergencia Europea INECE'09, Madrid.

Castedo, R. et al (2019). Gamificación combinada con aula invertida, aplicación en un grado de ingeniería. V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2019, Madrid, pp. 373-378.

Castilla, G. Alriols, J. Romana, M. Escribano, J.J. (2015). Resultados del estudio experimental de Flipped learning en el ámbito de la enseñanza de matemáticas en ingeniería. Universidad Europea, XII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria Educar para transformar: Aprendizaje experiencial, pp. 774-782.

Fernández-Jambrina, L. (2013). Docencia no presencial como alternativa a la clase magistral en los primeros cursos de ingeniería. III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2013, Madrid, pp. 414-419.

Fernández-Jambrina, L. (2015) Ecuaciones diferenciales. OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid.

Fernández-Jambrina, L. (2017). Ecuaciones diferenciales con aula invertida. IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2017, Madrid, pp. 461-465.

Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. *Learning & Leading with Technology*, 39, pp. 12-17.

Lage, M. J., Platt, G. J., Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), pp. 30-43.

Leris, D., Bellostas, B., Vea F., Velamazán, Á, Sein-Echaluce, M.L. (2013). Modelos operativos de aprendizaje adaptativo en Moodle. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2013, Madrid, pp. 659-664.

Mestre-Mestre, E.M., Fita, I.C., Fita, A.M., Monserrat J.F., Moltó, G. (2015) Aula inversa en estudios tecnológicos. III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2015, Madrid, pp. 329-334.

Novillo, A. Blanco, M. J. Cid, M.A., Rodríguez, I. (2015). Una modalidad de Flipped classroom combinada con cuestionarios on-line en la asignatura de bioquímica. Universidad Europea, XII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria Educar para transformar: Aprendizaje experiencial, pp. 683-691.

Pino, B. Prieto, B. Prieto, A. Illeras, F.M. (2016). Utilización de la metodología de aula invertida en una asignatura de Fundamentos de Informática. *Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores*, 6, pp. 67-75.

Sams, A., Bergmann, J. et al. (2014). *What Is Flipped Learning?* Flipped Learning Network (FLN)

Sánchez-Canales, M. et al (2019). Clasificación de los diferentes modelos de Aula invertida y su aplicación en la Universidad Politécnica de Madrid. V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2019, Madrid, pp. 607-611.

Sein-Echaluce, M.L. Fidalgo, A. García, F. (2015). Metodología de enseñanza inversa apoyada en b-learning y gestión del conocimiento. III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2015, Madrid, pp. 464-468.

Sousa Santos, S., Peset González, M.J., Muñoz Sepúlveda, J. (2017). La metodología Flipped Classroom en la enseñanza híbrida universitaria: la satisfacción de los estudiantes. IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2017, Madrid, pp. 315-320.

Strayer, F.J. (2012). How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation. *Learning Environ Res.* 15, pp. 171-193.

Vicente Torres, M.A., Colino Matilla, A., Comas Rengifo, M.D., Martín Fernández, B. La Enseñanza Inversa Exprés fomenta el aprendizaje autónomo en grupos numerosos. III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad CINAIC 2015, Madrid, pp. 807-810.

Yoshida, H. (2016). Perceived Usefulness of “Flipped Learning” on instructional design for elementary and secondary education: with focus on pre-service teacher education. *International Journal of Information and Education Technology*, 6, pp. 430-434.

Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R.O. & Nunamaker, J.F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43, pp. 15-27.